(19) 日本国格群庁 (JP)

€ 辍 4 背 华 噩 4 (25)

**特期2003-347586** (P2003-347586A) (11)特許出願公開番号

平成15年12月5日(2003.12.5) (43)公開日

デーマコート"(参考) C 5F041

H01L 33/00

H01L 33/00

(51) Int.Cl.

回 回 回 **₩** 0 超水母の数6 摩奎耐水 有

> (62) 分割の表示 (21) 出版時中 (22) 出版日

> 特展2003-193785(P2003-193785) 平成10年12月24日(1998.12.24) 校園平10-366803の分割

> 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号 株式会社東芝 000003078 (11)出版人

微杂望区 (72) 発明者

福岡県北九州市小倉北区下到沖1丁目10番 1号 株式会社東芝北九州工場内

新田 第 (72) 発明者

福岡県北九州市小台北区下到洋1丁目10番

1号 株式会社東芝北九州工場内 100075812 (74)代理人

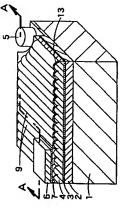
**井理士** 吉武 賢次

(44名)

最終買に続く

**升降存配光保**上 (54) [発明の名称]

【課題】 動作電圧の上昇や歩留まりの低下を抑えなが ら、光の取り出し効率が高い半導体発光案子を提供す 【解決手段】 窒化物半導体発光器子において、発光器 子の光取り出し面の表面に、単数または複数のレンズ形 伏の凸部を形成する。これにより、活性圏から放出され た光の取り出し効率すなわち、外部量子効率を高くする うにしたので、ドーパント濃度を高めながら装面荒れを を、枯晶成長後にp型ドーパントを拡散させる方法によ って、表面付近のP型ドーパント濃度が高い層になるよ 坊止し、動作電圧の上昇や歩留まりの低下を抑えること ことができる。また、光取り出し面側のp型GaN層



(2) 003-347586 (P2003-ch86

前記録化物半導体個上に形成された透明電極と 前配発光阻上に形成された留化物半導体阻と

ノズ形状の凸部が形成されていることを特徴とする半導 前記透明医極の表面に集光性を有する単数又は複数のレ

(請求項2)前記窒化物半導体層の表面に単数叉は複数 の凸部が形成され

は、前記強化物半導体層の前記装面の形状に応じた形状 前記透明知極の前記表面の前記レンズ形状の前記凸部 であることを特徴とする間求項1記載の半導体発光紫

【前求項3】発光層と、

前記盤化物半導体圏上に形成された透明電極と 前記発光層上に形成された窒化物半導体層と、 前記透明配極上に形成された光取り出し層と 前記光取り出し層の表面に集光性を有する単数又は複数 のフンズ形状の凸部が形成されていることを特徴とする

を備え、

は、前記透明電極層との接触面の付近において、ドーバ ントが高い過度で導入されていることを特徴とする請求 項1~3のいずれか1つに記載の半導体発光紫子。

【請求項5】前記透明電極は、前記強化物半導体層と接 啦して設けられた100nm以下の周厚の金瓜からなる 層を有することを特徴とする翻求項1~4のいずれか1 しい記載の半導体発光解止。

【請求項6】前記透明電極または前記光取り出し層の表 るいはロッドレンズとして作用することを特徴とする前 面に形成された前記凸部が、シリンドリカル・レンズも 坎頂1~5のいずれか1つに記載の半導体発光紫子. (発明の詳細な説明)

N、GaAINなどの強化物系半導体層が積層された発 光紫子であって、高輝度化、信頼性の向上などが苦しい 【発明の属する技術分野】本発明は、半導体発光紫子に 関する。より詳しくは、本発明は、GaN、InGa 半導体発光紫子に関する。

[0002]

体を用いることにより、紫外光から竹色、緑色の波長帯 【従来の技術】 窒化ガリウムに代表される登化物系半導 の発光報子が敗用化されつつある。

とは、B, I n, A I, Ga(1.1.7.1) N (0≦×≤1, 0≤y≤1, 0≤z≤1) なる組成式で殺される!! は、Nに加えてリン(P)や砒紫(As)などを含有す [0003]にこで、本願において「窒化物系半導体」 1 -V族化合物半導体を含み、さらに、V族元衆として

でも安定した材料であるので電子デバイスへの応用も期 光、中色光、緑色光等の発光が可能となりつつある。ま た、蹬化物系半導体は、結品成長温度が高く、高温度下 (LED) や半導体レーザなどの発光器子を形成するい 【0004】 監化物系半導体を用いて発光ダイオード とにより、これまで困難であった発光強度の高い紫外 待されている。

101の上にGanバッファ冏 (図示せず)、n型Ga の一部がエッチング除去されて、 n型GaN图102が 【0005】以下、窒化物系半導体を用いた半導体発光 衆子の一例としてしEDを例に挙げて説明する。図10 は、従来の窒化物系半導体LEDの断面構造を殺す概念 院出されている。p型GaN磨103上にはp回遊明句 また、n型GaNB102の上にはn回氧色105が形 04が風次エピタキシャル成長された構成を有する。ま た、1 nGaN発光图103およびp型GaN图104 N層102、InGaN発光層103、p型GaN層1 極113が形成され、その一部に電流阻止用の絶換膜1 07と 回 ボンディング 転極 106が 積極されている。 成されている。

【0006】 このような構造においては、p回転倒10 13で広げられ、P型GaN暦103からn型GaN層 6を介して注入された电流は、導电性の良い透明电極1 102に電流が注入されて発光し、その光は遊明電極1 13を透過してチップ外に取り出される。

【発明が解決しようとする誤題】ところが、図10に例 示したような従来の盟化物系半導体発光器子は、光の取 り出し効率が悪いという問題を有していた。 [0000]

のために、外部量子効率を改善してより大きな発光パワ 【0008】 すなわち、GaNの屈折母は2.67と大 つまり、光出射面の法線からみて、この臨界屈折角より 出せない、チップの安面にAR(anti-reflection : 反 も大きい角度で入射した光は、LEDチップの外に取り 好防止)膜を形成しても、この臨界角は致わらない。こ さいために、臨界屈折角が21.9度と極めて小さい。 **一を得ることが困難であった。** 

【0009】 いいで、光散り出し固たあるp型GaN層 とができる。しかし、凹凸形状を形成するためにはP蚪 Gan層はある程度の厚さが必要となる。そして、电極 との接触抵抗を少しでも低波するために高温度の不純物 すると、結晶驳面の面流れが発生し、虹極劇がれ等が発 の驳面を凹凸形状に加工すれば、この問題を改むするこ やドーピングししつ、Dいp型CaN面を形成しようと 生しやすくなり、歩留まりが低下するという問題が生じ

Vと広いために、町径とオーミック接触をさせることが 【0010】また、GaNのバンドギャップは3.4e

難しい、このため、上記の表面溶れを防止するためにドーピング温度を低下させると、電極部の接触抵抗が高くなる。その結果、衆子の動作既圧が高くなるとともに、発発も大きいという問題が生ずる。

[0011]本発明は、かかる確々の課題の認識に基づいてなされたものである。すなわち、その目的は、動作既圧の上昇や少留まりの低下を抑えながら、光の取り出し効率が高い半導体発光紫子を提供することにある。

「課題を解決するための手段」本発明の半導体発光素子は、発光圏と、前記発光圏上に形成された強化物半導体 圏と、前記鏡化物半導体圏上に形成された透明電色、を偏え、前記透明電極の表面に集光性を有する単数又は 複数のレンズ形状の凸部が形成されていることを特徴と

[0013]また、本発明の半導体発光素干は、発光度と、前記発光度上に形成された強化物半導体層と、前記強化物半導体層上に形成された透明電極と、前記透明電極上に形成された光取り出し層と、を備え、前記光取り出し層の表面に集光性を有する単数又は複数のレンズ形状の凸面が形成されていることを特徴とする。

【発明の実施の形態】以下に図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明の半導体発光索子を表す斜視概念図である。すなわち、同図の半導体発光索子と表す斜視概念図である。すなわち、同図の半導体発光索子は、サフェイア基版1の上にGaNバッフェ 個 (図示せず)、 n型GaN層2、 1 nGaN発光層3、 p型GaN層4が流行園された構造を有する。また、 1 nGaN発光層3よびり型CaN層4は避けない。よっま、 p型GaN層4は経験7が形成されている。そして、 p型GaN層4とにの観光明電極13が形成され、その起路明で面13が形成され、その総明には、 p個のボンディング・パッドらが追求的に関節を5が形成されている。

【0015】本発明の特徴的な点のひとつは、P型GaNB4の数面に凹凸状の加工が確されている点にある。すなわち、図示した例においては、P型GaNB4の数面にシリンドリカル・レンズ状の複数の凸部9が形成されている。P型GaNB4の装面を次面をより、活住B3から放出された光の取り出し効率を改善することができる。

(1016) なわち、図10に示した従来例のように 光の取り出し面が平面であると、活性図3から放出され た光のうちで、取り出し面に対して臨界角よりも大きい 法総角度で終めに入射した光は、全反射される。これに 対して、本発明の発光祭子においては、光取り出し面に 対して、斜めに入射した光も、入射した凹凸面との角度に あして外部に通り抜けることができるようになる。ま

た、全反射された光も、凹凸面において反射を繰り返し、その過程において、臨界角よりも小さい法線角度で 凹凸部の表面に入射した時に、外部に通り抜けることが 【0017】つまり、従来の平面状の光取り出し面の場合と比べて、凹凸面の場合には、臨界角である21.9。よりも小さい法様角で入射する確率が徴طする。その結果として、活性面3から放出された光を外部に取り出すことのできる効率、すなわち外部量子効率を大幅に改むすることができる。

【0018】また、本実施形態においては、P型GaN個4の表面の凸状部は複数のシリンドリカル・レンズがあいはロッドレンズとしても作用する。従って、これのの凸状部の下方の活性面の線状部分から放出された光は、それぞれのシリンドリカル・レンズによって焦光され、複数の線状のドームとして放出される。

[0019]一方、本発明による半導体発光案子のもうひとつの特徴点は、P型GaNB4の表面付近にマグネッかん(MS)が高い遺販で含有されていることである。すなわち、後に詳述するように、本発明においては、素子の製造工程において、P型GaNB4の表面にマグネックムを含むの属固を一旦推積し、熱処理を施してマグネックムを含する内容表面に拡散させた後に、その金属圏を除去して、P関透明電極13を形成する。このよう変積やのアーマンを表現を確保することができる。その結果として、案子の動作電圧を低減させ、錯特性を改善することができる。

【0020】さらに、このようにマグネシウムをも型GaN個4の装面圏に高速度にドービングすることによって、中型GaNM4の「面流れ」を回避することもできる。すなわち、本発明においては、中型GaNM4の数面に凹凸を設けるために、中間電極とある程度厚く形はする必要がある。しかし、中間電極とある程度厚く形性を確保するために中型ドーバントを高い温度でドービッグとしつ、GaNM4を写く成長すると「面流れ」が発生すると、本発明のような凹凸の加工を施した後も、その表面の結晶の品質は食がでなく、錯特性が低下する。例えば、面流れにより電極製がれが起こややすくなり、歩留まりが低下する。

状に似た凹凸を形成することができる。

【のの21】これに対して、本発明によれば、成長後にマグネシウムを導入するので、P型GaN層4の成長にマグネシウムを導入するので、P型GaN層4の成長に発しては、ドーピング濃度をさほど高くする必要がない。彼って、「面汚力」を招くことなく、GaN層4を写く成長することが可能となる。

チヽwxys~~~~im~s。 【0022】次に、本発明の発光紫子の製造方法の具体別について説明する。 【0023】図2及び図3は、本発明の発光器子の要部

製造方法を狭す機略工程所面図である。すなわち、これらの図は、図1に示したA-A線で均断した所面の一部を表す機略所面図である。

【0024】まず、同図(a)に表したように、サファイア基板1の上に、図示しないGaNバッファ個、n型GaN層を顧りの配名、InGaN発光图3、p型GaN層4を顧次結晶成長する。結晶成長法としては、例えば、MOCVD(metal-organic chemical vapor deposition)法、ハイドライドCVD法、あるいはMBE(molecula)法、ハイドライドCVD法、あるいはMBE(molecula)

r beam epitaxy) などの方法を挙げることができる。 【0025】次に、図2(b)に我したように、レジストバターンを形成する。具体的には、p型GaN個4の窓面にレジストを塗布し、PEP(photo-engraving process)法によりパターニングして、複数の平行なストライブ状のレジストパターニングして、複数の平行なストパターンの具体的な寸法は、活性層3から光取り出し面までの距離や、発光紫子が使用される光等深において要求される光路度分布などに応じて適直決定することが望ましい。具体的には、例えば、レジストパターンのストライアの個及び間隔をそれぞれ数ミクロン程度とするこ 【0026】次に、図2 (c)に表したように、レジストパターン3 0の形状を加工する。具体的には、熱処理を指すことにより、ストライプ状のレジストを軟化させて検断面が半円状の「かまほこ形状」に変形させる。 [0027]次に、図2 (d)に投したように、レジストパターン3 0の形状を中型GaNGAにように、レジストパターン3 0が順には、レジストパターがのが低たよりエ・チングされる。するに、その下の中国GaNGAの表面にして、カッグをれる。このようにして、中型GaNGAの表面にレジストパターン3 0が順次エッチングされる。このようにして、中型GaNGAの表面にレジストパターン3 0が順次エッチングされる。このようにして、中型GaNGAの表面にレジストパターン3 0が順形を

(0028)にて、レジストパターン30の防面形状と、加工後のP型GaN層4の表面凹凸の断面形状との関係は、エッチング速度の比率によって決定される。すなわな、レジストパターン30のエッチング速度に対して、P型GaN層4のエッチング速度に対して、P型GaN層4のエッチング速度の方域に場合には、P型GaN層4のビルは、レジストパターン30には、レジストパターンよりも緩和される。従って、P型GaN層4の凹凸は、レジストパターン30の断面形状とエッチング選択は、レジストパターン30の断面形状とエッチング選択は、アジストパターン30の断面形状とエッチンが選択は、アジストパターン30の断面形状とエッチンが選択にとぎ値に調節することにより削却することができる。「0029〕次に、図3(a)に表したができる。「0029〕次に、図3(a)に表したができる、「0029〕次に、図3(a)に表したができる。「つ029〕次に、図3(a)に表したができる、「つ029〕次に、図3(a)に表したました、まず、凹凸形状を加工したP型GaN層4の層40とAu(金)層42を感次蒸替し、熱処理を請す、ここで、MgM40の個写は例えば

10 nm、Au 個42の国際は例えば100 nmとすることができる。また、熱心質の温度を、300℃以上とすることにより良好な結果が得られる。例えば、750℃で20秒間程をクラッシュアニールを結すことが効果的である。この工程により、M 8がGa N個4の股間のに拡放して、我面のキャリア領度を十分に高くすることができる。こで、Au(金)周42は、いかゆる「キャップ個」として作用する。すなわち、M 8回4のでは、中・ップ個」として作用する。すなわち、M 8回4のを保護し、熱処理の協にM 8が蒸発することを防止して、Ga N個4へのM 8の拡放を促進することができる。また、ここで行う熱処理は、R I Eやイオン・ミリングなどのドライプロセスにより半導体圏に与えられたダメージを軽減して結晶性を回復させることにも作用する。

(0030)ここで、Mg回とAu函の積函構造を堆積する代わりに、Mg回とIn (インジウム) 固を積回しても良い。または、Mg回とIn配とAu配を積回しても良い。さらに、AuまたはInの少なくともいずれかにMgを含有させた合金図を堆積しても良い。Inを用いる。GaN回の公園が形成される。Inの拡大、GMのNICのNの深層が形成される。InのaNic、GMと比較してバンドギャップが小さいたのanは、GaNと比較してバンドギャップが小さいたが、Pu間電面とのオーミック接触をさらに良好することができる。

(0031)また、p型のドーバントとしては、Mgの他にも、各種のII 統元業を用いることができると考えられる。例えば、Be (ベリリウム)、Hg (水銀)、Zn (亜鉛)、Cd (カドミウム)などを用いても身好な結果が得られる可能性がある。さらに、p型ドーバントとしては、C (数等)などの各種の材料を用いることが

[0032]次に、因3(b)に投したように、蒸箱したM 8 四40とA u 四42をエッチングにより除去する。この状態で、P型G a N 四4の設面は、M 8 が高い温度でドービングされている。このようにM 8 四40とA u 回42を発することにより、この後に形成する項の「はがれ」を解消することができる。すなわる、本発明者の残壊対によれば、P型G a N 四4と回収をとの回にM 8 回が介在すると、P 即低値が剥離しやすくなるという傾向が認められた。これに対して、本発明によれば、M 8 回 4 0 を除去することによって、光取り出し回の透明性を確保し、発光速度を改革することにする。

(0034)次に、図3(d)に投したように、p個電 613を形成する。具体的には、p型GaN個4の表面 のSiO、膜7をPEP法によりパターニングして部分 的に除去する。そして、凹凸加工されたp型GaN個4 の上に、透明金属電をして其交流始法により厚さらn mのNi(ニッケル)個13aを推積し、さらに、スパ ッ分法により1TO(indium tin oxide)透明電面13 bを形成する。なお、Ni(ニッケル)個13aの代わ りに、Pt(自金)個を用いても良い。このように、I 70周13bのアにNiやPtなどの金属個13aを提 けると1TO個の付着強度を改造し、さらに接触抵抗も 低下させることができる。

【0035】さらに、金(An)などを堆積しPEP浜によってパターニングすることによって、1T0透明電路13と接続されたポンディング・パッド6を形成す

(0036)ここで、P型GaN图4の表面に残されたSiO,限7は、ボンディング・バッド6の下部での発光を防いて、発光効率を改むする役割を有する。なお、n型GaN图2を部分的に露出させた後に形成したSiO,股7は、図3(c)及び(d)に投したように、発光图3の関面が露出しているメオ図面にも形成されており、また、n関電極の角出にも形成されていまか。原外を除くp関電極の周囲にも形成されている。

[0037]囚4は、このようにして待られた半導体発光器子の特性を表すグラン図である。すなわち、同図(a)は低流-電圧特性、同図(b)は低流-光パワー特性をそれぞれ表す。また、これらの特権図においては、図10に投した従来の半導体発光器子の特性も併せて示した。

[0038]図4(a)の低流一塩圧特性をみると、従来の素子の場合には、3ボルトにおいて動作电流は約1ミリアンペアであり、低圧を切加に伴う低減の立ち上がりは銀位である。これに対して、本税明の業子の場合は、3ボルトにおいて5ミリアンペアが得られ、低圧の増加に伴って環ば急激に立ち上がっている。本発明の数字は、電流値が3・2ミリアンペアの時の低圧が約3・2ボルトと低く、従来の案子と比較して動作電形を10%以上低下することができた。

(0039)-方、図4(b)の発光特性をみると、本発明の来子は、従来と比べて光出力が倍増していることが分かる。例えば、動作電流20ミリアンペアにおける光出力をみると、従来の架子では0、45ミリワットであるのに対して、本発明の架子では0、95ミリワットが得られている。このように、本発明によれば、光取り出し面に凹凸を設けることによって光の取り出し効率が向上し、従来の2倍以上の光出力が得られた。

【0040】また、本発明の発光発子の発光波長は、約450ナノメータであった。さらに、本発明の発子においては、p型GaNB4の表面のモフォロジは良好であり、比較的厚く成長したにもかかわらず、「面流れ」が生ずることもなかった。さらに、p型GaNB4の表面に形成した送光性電極間13の付着強度も良好であり、製罐が生ずることもなかった。

【0041】以上詳述したように、本発明によれば、p 関のオーミック接触が良好で、光の取り出し効率も高く、信頼性も良好な半導体発光祭子を提供することがでく、信頼性も良好な半導体発光祭子を提供することがで

[0042]次に、本発明の変形例について説明する。 [0043]図5は、本発明の第1の変形例を表す概念 終規図である。同図においては、図1乃至図3に関して 前述した部分と同一の部分には、同一の符号を付して詳 確立説明は省略する。本変形例においては、P型GaN 個4の表面に、半円柱形状でなく、半球状の凸状部10 が形成されている。このようにしても、光の取り出し効 解すなわち、外部量子効率を改単することができる。

【のの44】また、本変型例の凹凸形状は、図2に関して前述したプロセスと概略同様にして形成することができる。すなわち、P型GaN層4の上にレジストを円形のパターンに形成し、加熱軟化させてレンズ形状とした後にエッチングすることにより図5に表したような半球状の凸状部10を形成することができる。

【0045】本変形例においても、図1に関して前述したらのと同様に、活性層3から放出された光を外部に取り出すことのできる確率、すなわち外部量子効率を大幅に改替することができる。

【0046】さらに、本弦形刷によれば、それぞれの半路状レンズの凸部の下から放出される光をそれぞれの半路状レンズにより結光して外部に放出することができ 株状レンズにより結光して外部に放出することができ [0047]次に、本発明の第2の変形例について説明

1004 1 1 0kt、 サガガンガムングががた プランス する。 する。 【0048】図6は、本発明の第2の変形例を表す概念 斜視図である。同図においても、図 1 乃至図 3 に関して

斜視区である。同区においても、区1万至区3に関して間近した部分と同一の部分には、同一の特号を付して詳細を関明は省略する。本党形例においては、中型GaN層4の映画に、時状でなく、複数のメヤストライプ状の凸状部11が形成されている。このようにしても、光の取り出し効率すなわち、外部量子効率を改善することができる。

【0049】また、本資型的の凹凸形状も、図2に関して耐消したプロセスと概略回接にして形成することができる。すなわち、図2(b)に安したように、P型GaNB4の上にレジストをストライプ状に形成し、自然軟代させずにエッチングすることにより図6に表したような形状の凹凸を形成することができる。

[0050] 本效形例においても、図1に関して世出し

たものと同様に、活権国3から放出された光を外部に取り出すことのできる選挙、すなわち外部量子効率を大幅に改むすることができる。

(0051)さらに、本変形のによれば、図2(c)に因して前述したようなレジストパターンの軟化工程が不要であり、製造が容易であるという利点も有する。

[0052]次に、本発明の第3の效形例について説明

【0053】図7は、本発明の採3の変形例を表す概念 鎖板図である。回図においても、図1乃至図3に関して 耐逆した部分と同一の部分には、同一の符号を付して詳 組な説明は省略する。本変形例においては、P型GaN 個4の表面に、単一の半球レンズ状の凸状部12が形成 されている。このようにしても、光の取り出し効率すな わち、外部量子効率を改善することができる。 【のの54】本変型例の凹凸形状も、図2に関して前述したプロセスと概略同様にして形成することができる。すなわち、p型GaN層4の上にレジストを円形のパケーンで厚く形成し、加熱軟化させることによって単一の半球状の形状に成形し、エッチングすることにより図7に表したようなレンズ形状を形成することができる。

【0055】本変形例においても、図1に関して前述したものと回模に、活性園3から放出された光を外部に取り出すことのできる確率、すなわち外部量子効率を大幅に改むすることができる。

【0056】さらに、本変形例によれば、P型GaN個40皮面の凸部を単一のレンズ状としたことにより、商いは光効果が得られ、ファイバなどへの結合効率を改むすることができる。

[0057]次に、本発明の第4の安形例について説明 rる。 (0058)囚8は、本発明の第4の変形例を数す概念 約視囚である。同図においても、図1乃至図3に関して 削並した部分と同一の部分には、同一の符号を付して詳 細な説明は省略する。本変形例においては、中型GaN 届4の表面は平面であり、その上に堆積された。回遊明 低極13の表面が凹凸状に加工されている。このように しても、光の取り出し効率を改尊することができる。 (0059)すなわち、透明低極13として多用される

1005岁19なわら、郊場も向15℃に今用されら17℃の原が事は、約2.0であり、P型GaNB4の配が車と、67に対して近い。従って、P型GaNB4と近時で超13との間では、全反射は殆ど生ずることがなく、光は超り抜けることができる。そして、越明電路でく、光は超り抜けることができる。そして、越明電路にその凹凸面において臨界角よりも小さい洗镜の度で入射する福華が高くなり、その結果として、光の取り出し効率を改革することができる。

【0060】さらに、本契結形態によれば、P型GaN個4の表面を加工する必要がないため、加工に伴って生じうる損傷を解消することができる。例えば、P型Ga

N国4の表面を凹凸状に加工するために過度のプラズマや荷電粒子に曝すと、P型GaN届4の投面が変質し、P回低をシオーミック接触が劣化するなどの問題が生することもある。これに対して、本典施形態によれば、P型GaN個4の表面を加工する必要がないので、オーミック接触を維持することが容易となる。

【0061】また、本党形態においては、P型GaNB4の表面に凹凸を形成する必要がないので、P型GaNBdaをといるをよれるでして、P型GaNBdを大れる場合を表現がない。

(0062) 透明電面13の製面に設ける凹凸のパターンは、図示したものには限定されず、図1~図3に例示したようなパターンも同様に用いることができる。また、そのパターン十法は、活性国3から放出される光の液長よりも大きくすることが望ましい。すなわち、図示した例においては、凹凸のストライプの組や高さを500ナノメータ程度よりも大きくすることが留ましい。

(0063) 一方で、1 TOなどの適明電極は、数まっロン程度まで厚く権荷することが固軸であるので、回亞のストライプの編や高さを1 まクロン以下に形成する必要が生ずる場合もある。このような健曲なパターンを形成する場合もある。このような健曲なパターンを形成する場所に、発展が探りがある。これは、平砂醇光洗りがある。これは、光半準体報子の回が右て(アレーティング)を形成する際に用いられる方法であり、被長が遅くる2つのレーザ光を含成し、ハーフミラーを介して2. 大規模の対策を対称に位置にある金反はデラーでそれぞれの光葉を対称に位置にある金反はデラーでそれぞれの対策を対称に位置にある金反はデラーでそれぞれの対策を対して経過し、それぞれの表現がようと、これより、の641レーザ光としては、例えば、HeーCaレーザ(後長:325ナノメータ)をArレーザ(後長:351ナノメータ)をArレーザ(後長:351ナノメータ)をArレーザ(後長:

(0065)また、このような微細パターンを形成する方法として、「電子ビーム電光法」も挙げることができる。これは、電子線に対して恐光性を有する特料をマスクとして用い、電子ビームを走査することにより、所定のパターンを形成する方法である。

パンーノを15歳がら14ほんのう。 (0066)次に、本発明の第5の変形例についた説明 9.6. (2067] 図9は、本発明の第5の変形例を投す概念 終規図である。回図においても、図1万至図 3に関して 都之影明は省略する。本変形例においても、P型GaN 相心影明は省略する。本変形例においても、P型GaN 相の影明は平面であり、その上には、P側透明版 3が堆積され、さらにその上に遊光性を有する光度の出 し困20が設けられている。そして、光度の出口限2 の製面が凹凸状に加工されている。このようにしても、 光の取り出し効率を改むすることができる。また、本質 形例においても、P型GaN 個4の表面に凹凸を形成す る必要がないので、加工に伴う損傷を妨ぎ、P型GaN

图4をそれ程厚く成長する必要もない。なお、本致形例 の協合には、過光在低極图13とボンディング低極6と を接続させて導通を確保する。

料としては、活性回3から故出される光に対して遊光柱 を有し、且つp型GaN图4と近い屈折率を有すること が望ましい。 しまり、これらの個の屈折率がp型GaN 陌4と近ければ、層間での光の全反射を低減し、光の取 【0068】 遊光性虹極層13や光取り出し層20の枝 り出し効母を高くすることができる。また、光取り出し 面20の材料として、導電性を有するものを用いれば、 用流を拡げることができる点でさらに良い。

ば、1丁0を挙げることができる。また、光取り出し層 ので、大きな凹凸も容易に形成することができ、凹凸の **形状や大きさを圧倒に選択することが可能となる。 樹脂** 挙げることができる。 すなわち、ポリカーボネイトの屈 20の材料としては、例えば、Ganと屈折率が近い協 材料としては、具体的には例えば、ポリカーボネイトを **所率は約1.6程度で、GaNと比較的近い屈折率を有** 樹脂材料を用いる場合には、厚く形成することができる 脂などの有機材料や、無機材料を用いることができる。 【0069】 遊光性電極層13の材料としては、例え

, (屈折率は約2.2~2.7)、ZnS(屈折率は約 窒化シリコン(Sin,)を挙げることができる。 すな むち、留代シリコンの阻抗時は、約2.05をり、Ga に、光取り出し個20の材料としては、導电性を有する Nの屈折率と近いために、活性個3から放出された光が る。また、その他にも、例えば、Ing Og (配が率は 約2.0)、Nd2O2 (田折串は約2.0)、Sb2 2.35)、B12O3(屈折率は約2.45)などを [0070]また、光取り出し層20の材料としては、 O, (屈折率は約2.04)、ZrO, (屈折率は約 **個間において全反射されることを防止することができ** 用いても同故に良好な枯果を得ることができる。さら 2.1)、CeO, (屈折率は約2.2)、TiO **金属数化物を用いても良い** 

100711以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の 面に設ける凹凸形状は、種々の形状が考えられ、規則的 形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具 体例に限定されるものではない。例えば、GaN層の表 あるいは不規則的な凹凸形状であっても同様の作用効果 を得ることができる。

**応じて、衆子の積価構造や材料の組成を最適化すること** ができ、例えば、活性图を多重量子井戸型の構造とした 【0072】また、発光衆子の構造は、当業者が適宜変 **更して同様に実施することができる。すなわち、必要に** 【0073】また、基板として用いるものはサファイア り、活性周の上下にクラッド層を設けたりしても良い。 に限定されず、その他にも、例えば、スピネル、Mg O. ScAIMgO, LaSrGaO, (LaS

r) (AITa) O<sub>3</sub> などの絶縁性基板や、SiC、S それぞれの効果を得ることができる。ここで、ScA1 により厚く成長したG a N 層をサファイア基板から剥離 i、GaAs、GaNなどの導電性基板も同様に用いて ば、サファイア基板の上にハイドライド気相成長法など いることが望ましい。特に、GaNについては、例え してGaN茲板として用いることができる。

【0074】また、GaNのような導電性の基板を用い た場合には、発光素子のn回電極を基板の裏面側に設け

ることもできる。

[0075]

【発明の効果】本発明は、以上説明したような形態で実 施され、以下に説明する効果を姿する。

とにより、活性層から放出された光の取り出し効率すな 【0076】まず、本発明によれば、半導体発光案子に おいて、光の取り出し固にレンズ状の凸部を形成するい **わち、外部田子効率を大幅に改善することができる。** 

島い濃度で含有させ、p 回電極とのオーミック接触を確 り、発熱が増加したり、信頼性が低下したりすることは 【0077】また、本発明によれば、P型GaN層の表 面付近にマグネシウム (Mg)などのp型ドーパントを 保したので、凸部を形成しても、動作包圧が上昇した ほとんどない。

【0078】また、本発明によれば、マグネシウムなど の安面に凹凸を設ける(凸部を形成する)ためには、G aN陌をある程度厚く形成する必要があり、p型ドーパ ントを高い識皮でドーピングしてGaN層を厚く成長す ると「面荒れ」が発生するという問題がある。これに対 して、本発明によれば、成長後にマグネシウムを導入す 8ので、p型GaN層の成長に際しては、ドーピング激 はない。このため、凹凸を設けても、電極剥がれ等の不 ドーピングすることによって、p型GaN陌4の「面荒 れ」を回避することもできる。すなわち、p型GaN層 度をさほど高くする必要がない。従って、p型GaN層 4を母く成長しても、この暦4の「面荒れ」を招くこと の金属層を設けてp型ドーパントを拡散により高濃度に 具合は生じにくく、歩留まりの低下もほとんどない。

[0079]以上詳述したように、本発明によれば、動 作気圧の上昇や歩留まりの低下を抑えながら、外部量子 効率が高い半導体発光案子を提供することができる。

図1】本発明の半導体発光案子を表す概念斜視図であ 図面の簡単な説明】

図2】本発明の発光案子の要部製造方法を表す機略工 程肪面図である。

[図3] 本発明の発光紫子の要部製造方法を表す蝦略工 【図4】本発明の半導体発光紫子の特性を表すグラフ図 程所画図である

である。すなわち、同図(a)は観流ー低圧特性、同図 (b)は低流ー光パワー特性をそれぞれ表す。

[図5] 本発明の第1の変形例を扱す概念斜視図であ

n Can発光图

3, 103

p型GaN图

n圆电格

5, 105 4, 104

サファイア茲板

n型GaN图

【図6】本発明の第2の変形例を表す概念斜視図であ

6、106 ボンディング・パッド

9 シリンドリカルレンズ

メサストライフ

半珠フンメ

12

10 半球レンズ

7.107 电流阻止图

【図7】本発明の第3の変形例を装す概念斜視図であ

【図8】本発明の第4の変形例を表す概念斜視図であ

【図9】本発明の第5の変形例を表す概念斜視図であ

13、113 p@遊光伍包極

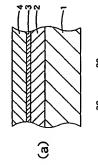
マグネシウム阻 20 光取り出し畑

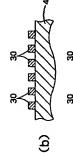
40

【図10】従来の窒化物系半導体LEDの断面構造を表 か散む図である。

【符号の説明】

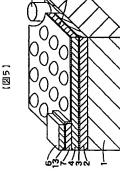
[図2]

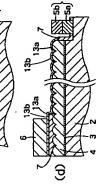








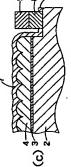




[XI]

<u>e</u>

9



[図6]

[24]

(3) 電流一電圧特性20

保米度十

(Am) 孤望 花 ō r

(6図)

1.5 2 2.5 3

0 0.5 1

(b) 電流 - 光パワー特性

約米度一

(Wm)ーマ\*\光 000000000 - a密とあれるがいこ

10 15 電流 (mA)

[图7]

(図10)

8

2288

ξ

[⊠8]

F ターム(勧歩) 5F041 ANO3 CA04 CA34 CA40 CA46 CA49 CA57 CA64 CA74 CA83 CA88 CA99 EE17

(72)発明者 野 崎 千 昭 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株 式会社東芝マイクロエレクトロニクスセン

ター内